

SVEU ILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO – MATEMATI KI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA KORALJNE GREBENE

CLIMATE CHANGE IMPACTS ON CORAL REEFS

SEMINARSKI RAD

Matea Cedilak
Preddiplomski studij biologije
(Undergraduate Study of Biology)
Mentor: doc. dr. sc. Petar Kružić

Zagreb, 2012.

SADRŽAJ

1. UVOD	2
2. KLIMATSKE PROMJENE	3
3. KORALJI I IZGRADNJA KORALJNIH GREBENA	5
4. IZBJELJIVANJE KORALJA	8
5. ZAKISELJAVANJE OCEANA	10
6. POPIS LITERATURE	11
7. SAŽETAK	12
8. SUMMARY	12

1. UVOD

Koraljni grebeni su od iznimnog značaja prvenstveno zbog svoje visoke produktivnosti kao i visoke stope bioraznolikosti. Koraljne grebene naseljavaju stotine tisuća vrsta od kojih su mnoge još uvijek nepoznate. Koraljni grebeni zajedno s ribama, pticama te morskim sisavcima čine kompleksan hranidbeni lanac. Također su imali vode u ulogu i u oblikovanju ekosistema u tropskim morima. Poznato je da su tropska mora inače slabo produktivna zbog male količine nutrijenata u tim morima, dok je na područjima koraljnih grebena baš suprotno, produktivnost može biti i par tisuća puta veća nego u ostatku oceana. Njihova uloga u inače slabo produktivnim morima je neupitna za opstanak mnogih tropskih vrsta i ekosistema, a samim time i za gospodarstvo. Osim što koraljni grebeni donose velik profit ribarstvu i turizmu, jako su bitni i za zaštitu obala od oluja, erozije, poplava i sl. jer grebeni smanjuju snagu valova. Procijenjeno je da bi uništenje 58% svjetskih koraljnih grebena uzrokovalo novu godinu štetu od 90 milijardi godina svake godine i to samo od turizma (Bryant *et al.* 1998). Biološke štete koje bi to uzrokovalo su neprocjenjive.

Unatoč njihovom značaju kao i dugotrajnoj postojanosti kroz geološka razdoblja, koraljni grebeni su vrlo osjetljive i ranjive strukture. Ugroženi su raznim ljudskim djelatnostima kao što su prevelika eksploatacija, mehanička oštećenja grebena, eutrofikacija i ubrzana sedimentacija zbog poremećaja u terestričkim ekosistemima... Velik problem predstavlja i izbjeljivanje koralja koje ćemo kasnije zasebno obraditi.

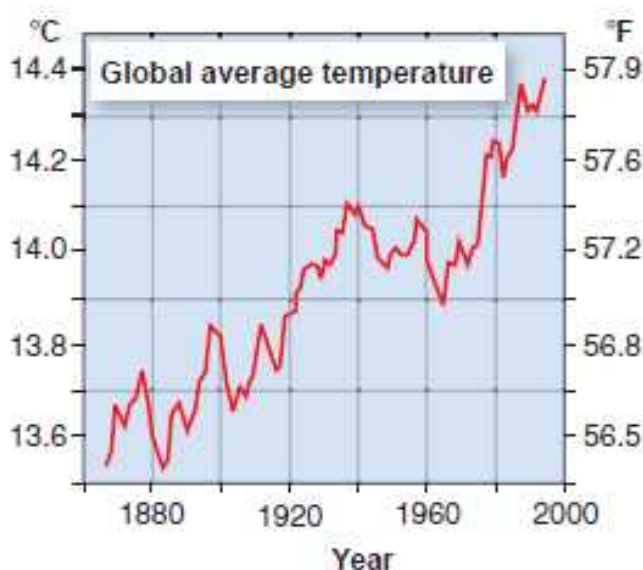


Slika 1. Raznolikost koraljnog ekosustava

(www.sciencedaily.com)

2. KLIMATSKE PROMJENE

Globalna temperatura je u zadnjih 150 godina porasla za pola stupnja. Dio topline koji sa Sunca dolazi na Zemlju reflektira se nazad u Svemir, a dio apsorbiraju Zemljina atmosfera i kontinenti. Plinovi kao što su CO₂, NO₂, metan i vodena para omogu uju zadržavanje te topline u atmosferi i time zagrijavaju Zemlju. Bez tih plinova srednja temperatura Zemljine površine iznosila bi oko –19 °C. Prema tome, vidimo da su ti plinovi odgovorni za održanje života na Zemlji. Ovakav na in zagrijavanja Zemljine površine nazivamo efektom staklenika. Me utim, što se doga a kada se poremete koncentracije stakleni kih plinova u atmosferi? Koncentracije CO₂ u atmosferi možemo odrediti do daleko u prošlost pomo u leda na polovima u kojem su zaostali mjehuri i zraka pri nastajanju leda. Na taj na in su dobiveni podaci da su koncentracije CO₂ kroz prošlost varirale od 180-280 ppm. Temperature se mogu o itati na sli an na in, pomo u omjera izotopa u ledu. Znamo da se na Zemlji izmjenjuju razdoblja glacijala (zale enja, tj. ledeno doba) i razdoblja interglacijala (oledbe). Dosad su kroz Zemljinu prošlost na izmjenu ovih razdoblja utjecala 3 glavna imbenika: koncentracije stakleni kih plinova u atmosferi, Milankovi evi ciklusi i vulkanska aktivnost. Ti imbenici su uvijek djelovali zajedni ki. Milankovi evi ciklusi su fluktuacije u Zemljinoj orbiti oko Sunca te promjene kuta Zemljine rotacije što na posljjetku rezultira razli itom koli inom solarne energije koja dolazi do Zemlje. Vulkanskom aktivnoš u se pak otpuštaju razne estice u atmosferu - aerosoli koji pove avaju refleksiju Sun eve svjetlosti u Zemljinoj atmosferi.



Slika 2. Graf prikazuje pove anje globalne prosje ne temperature od 1886. – 1994. godine (Castro)

Ove cikluse glacijala i interglacijala je ozbiljno narušila ljudska aktivnost, posebice od sredine 19. st. kada je došlo do industrijske revolucije. Koncentracija CO₂ je trenutno oko 380 ppm, a brzina porasta njegove koncentracije je 200 puta veća nego što se taj isti CO₂ može ukloniti iz atmosfere fotosintezom, sedimentacijom ili otapanjem u oceanima. Također su se znatno povećale i koncentracije ostalih stakleničkih plinova. Smatra se da je povećanje koncentracije CO₂ u atmosferi direktna posljedica ljudskih aktivnosti - korištenje fosilnih goriva, korenje šuma radi dobivanja obradivih površina... Modeli koji uzimaju u obzir samo solarnu i vulkansku aktivnost ne pokazuju promjene temperature na Zemlji kroz prošlo stoljeće. To je dokaz da su temperaturne promjene do kojih je ipak došlo posljedica ljudskih aktivnosti, a ne prirodna promjena zbog razdoblja interglacijala u kojem se trenutno nalazimo.

Otapanjem ledenih pokrova na polovima raste razina mora. Takva otapanja događaju se još od zadnjeg ledenog doba. Razlika je u tome što su trenutna otapanja puno brža nego prije industrijske revolucije i globalnog zatopljenja. Ovakva brza otapanja ledenih pokrova iznenadila su i znanstvenike koji su očekivali da će se ledeni pokrovi početi otapati tek u sljedećem stoljeću. Godišnji porast razine mora je od 1870. iznosio 1,5 mm, izmjereno u 1961. i 1993. 1,8 mm te od 1993. do 2003. 3,1 mm. Otapanje je vrlo zabrinjavajuće i zato što nije samo površinsko nego nastala voda usijeca pukotine u ledu tako da se odvajaju cijeli ledenjaci. Uočena su povlačenja leda na Antarktiku i Arktiku. Promjene u morskim ekosustavima uzrokovane klimatskim promjenama nisu ograničene samo na polarne krajeve. Sve se više znanstvenika slaže da su klimatske promjene velika prijetnja i za koraljne grebene koji se nalaze u tropskom području. Sve su češća, intenzivnija i raširenija izbjeljivanja i umiranja koralja.

3. KORALJI I IZGRADNJA KORALJNIH GREBENA

Koralji spadaju u skupinu žarnjaka, a postoji više vrsta koralja od kojih samo neki izgrađuju grebene. Žarnjaci imaju dvije generacije, sesilni polip i pokretnu meduzu. Kod koralja nalazimo samo polip. Polip koji ima skelet od vapnenca može izgrađivati grebene. Greben čine milijarde tih malih polipa te umrlih polipa čiji vapnenački skeleti čine podlogu za žive polipe. Te koralje često nazivamo "kamenim koraljima".



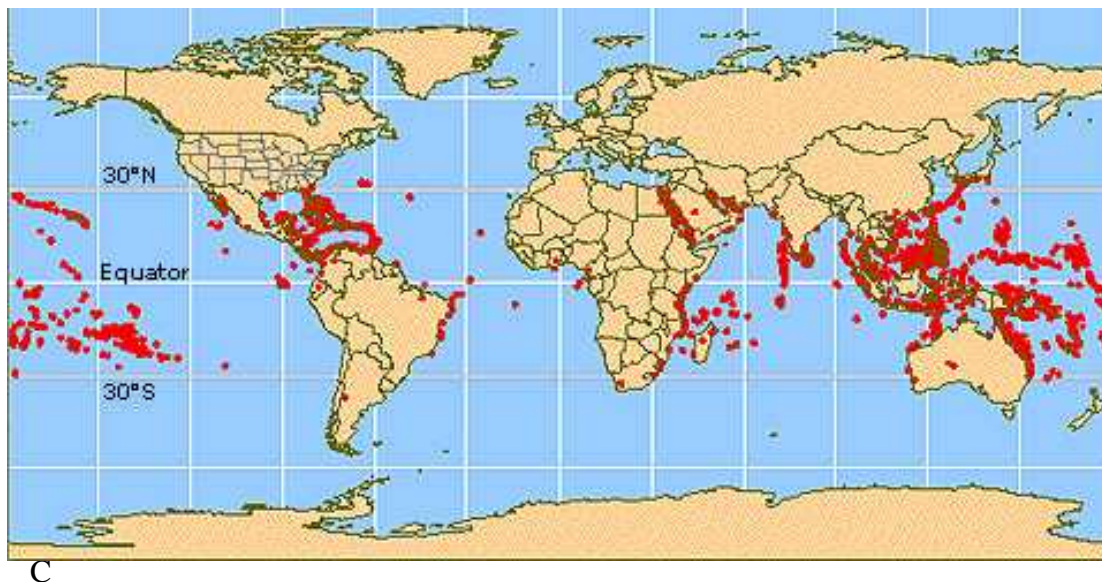
Slika 3. Polipi na koraljnom grebenu
(Castro)

Gotovo svi koralji koji izgrađuju grebene sadrže simbiotske zooxantele koje im pomažu u izgradnji vapnenačkog skeleta. Zooxantele se nalaze unutar samih stanica domaćina (Trench 1979) i to u njihovim vakuolama. Broj vrsta zooxantela koje dolaze kao simbionti je vrlo velik, a kod samo jednog domaćina može se nalaziti više vrsta zooxantela. Koralji mogu i samostalno graditi svoje skelete, no to nije ni približno dovoljno brzo da bi mogli stvarati grebene. Polip oko sebe stvara vapnenački skelet i stalno ga nadograđuje novim slojevima. Na taj način skelet raste. Zooxantele osim što pomažu u razvoju skeleta također su bitne i za prehranu koralja. Obzirom da zooxantele vrše fotosintezu dio stvorene organske tvari daju koraljima. Čak 95% produkata fotosinteze predaju domaćinima koraljima, a u to prvenstveno spadaju aminokiseline i šećeri (Muscattine 1990). Zauzvrat, koralji omogućuju zooxantelama potrebne amonijak i fosfate koji su nusprodukti metabolizma koralja (Trench 1979). U tropskim morima koncentracije amonijaka i nitrata su dosta niske stoga je simbioza zooxantela s koraljima i njima od velike važnosti. Koralji se također i sami prehranjuju za što

im služe tentakuli oko usta kojima love plijen u moru. Najčešće se hrane raznim zooplanktonom. Koraljni grebeni također imaju vrlo visoku stopu fiksacije dušika. Za to su pak zadužene cijanobakterije, prvenstveno *Calothrix*. Fosfor i ostale nutrijente koraljni grebeni pak uzimaju iz vode.

Osim već spomenutih zooxantela, u izgradnji koraljnih grebena koraljima pomažu i neke druge alge svojim naslagama kalcijevog karbonata kao što je zelena alga *Halimeda*... Istovremeno, životinje kao što su ježinci, neke ribe, spužve, neki školjkaši, polychaeta i drugi erodiraju greben jer se hrane algama koje ga stvaraju, struganjem i bušenjem grebena... Te životinje su međutim vrlo bitne za greben jer svojim kopanjem stvaraju prostor za naseljavanje mnogih životinja unutar koraljnog grebena. Greben nastavlja rasti dok god koralji, zooxantele i neke alge brže nadograđuju greben vapnencem nego što ga ostale životinje erodiraju.

Koralji mogu rasti samo u plitkim morima kada do njih dopire dovoljno svjetlosti koja je potrebna za fotosintezu zooxantela, a znamo da bez njih koralji ne mogu stvarati grebene. Razne vrste koralja mogu rasti i na različitim dubinama, ali grebeni se vrlo rijetko stvaraju na dubinama većim od 50 m. Grebeni se zato najčešće nalaze na kontinentalnom šelfu i oko otoka. Također najčešće rastu u bistrim morima s malo planktona koji ograničava dotok svjetla.



crvenom bojom su označena područja koraljnih grebena u Svijetu

(www.oceanservice.noaa.gov)

Temperatura je također važan ograničavajući faktor za rast koralja. Gornja temperaturna granica je oko 30° C do 35° C, a sve temperature iznad su loše za koralje, baš kao i preniske temperature. Prvi simptom koji se tada pojavljuje, baš kao i u drugim stresnim uvjetima, je izbjeljivanje koralja. Koralji se od toga mogu oporaviti pribavljanjem novih zooxantela ako stresni uvjeti ne potraju predugo vremena. U tom slučaju koralji umiru. Masovna izbjeljivanja koralja, razne bolesti koje pogađaju koralje, njihova smanjena stopa rasta i ostali stresni faktori polako pretvaraju ekosustav koraljnih grebena u ekosustav u kojem dominiraju makroalge. Što je i dulje te alge prekrivaju greben tako se i njegova sposobnost oporavka smanjuje.



Slika 5. Crvena alga *Eucheuma denticulatum* koja prekriva koraljni greben
(Castro)

4. IZBJELJIVANJE KORALJA

Ve sam spomenula da na rasprostranjenost koraljnih grebena utje u temperatura vode, salinitet, koli ina dostupnih nutrijenata i koli ina svjetlosti. Znamo da koraljni grebeni dominiraju u tropskim morima na odre enim geografskim širinama s temperaturom od 18 ° C do 30° C. Idu i prema ve im geografskim širinama temperatura vode pada, ali raste koli ina nutrijenata u vodi. Me utim, na tim ve im širinama kompeticija je prevelika da bi se stvorili koraljni grebeni, stoga ovdje nalazimo šume kelpova ili drugih makroalgi i organizama. Zna i koralji ne mogu konkurirati drugim organizmima na ve im širinama stoga ovdje nalazimo koralje koji ne stvaraju onako opsežne koraljne grebene. Za koralje koji izgra uju koraljne grebene je tako er vrlo bitna stabilnost okoliša. To zna i da oni žive u uvjetima u kojima su sezonske promjene temperature, saliniteta i svjetlosti vrlo male, isto kao i razlike pri izmjeni dana i no i. Znamo da su te promjene najmanje u tropskim morima. Tako er se smatra da se temperatura u tropskim morima u zadnjih 18 000 godina promijenila za samo 2° C (Thunnell *et al.* 1994). Salinitet vode je od 32 do 40, a naglo smanjenje uzrokuje izumiranje koralja. Za rasprostranjenost koraljnih grebena duž obala su bitni i pritoci rijeka koji se ondje nalaze. Rijeke ne samo da utje u na salinitet okolnog mora ve donose i niz tvari koje mogu štetiti koraljnim grebenima, npr. pesticidi i herbicidi. Kao što sam spomenula, svjetlost tako er utje e na rasprostranjenost koraljnih grebena zato što o koli ini svjetlosti ovisi fotosintetska aktivnost zooxantela. Koraljni grebeni se ina e nalaze do 100 m dubine s iznimkom dubokomorskih koralja kod kojih dodatne adaptacije pigmenata zooxantela omogu uju apsorpciju svjetla i pri tim ve im dubinama (Schlichter *et al.* 1985). Kod slabije osvjetljenosti pove a se koncentracija klorofila i drugih fotosintetskih pigmenta zooxantela, a pri ja oj osvjetljenosti koncentracija se smanji. Koralji i zooxantele imaju niz mehanizama koji spre avaju fotoinhibiciju u slu aju vrlo visoke koli ine svjetlosti, naj eš e dolazi do promjena u pigmentu ksantofilu, kao i kod nekih viših biljaka. Zra enje kratkih valnih duljina - UV zra enje smanjuje stopu rasta zooxantela, utje e na koncentracije klorofila *a* te aktivnost Rubisco-a. To su tako er još neki na ini obrane od prejake svjetlosti i zra enja.

Uo ena su izbjeljivanja koralja i smatra se da pritom dolazi do gubitka simbiotskih zooxantela ili pak njihovih pigmenata. Ve ina dokaza ukazuje na povišenu temperaturu kao glavni uzrok izbjeljivanja jer tada zooxantele napuštaju tkiva koralja i njihov broj u samim koraljima se jako smanji. Poznata su i izbjeljivanja koralja uzrokovana smanjenim salinitetom, me utim takva izbjeljivanja se fiziološki razlikuju od onih uzrokovanih povišenom temperaturom. Naime, zbog smanjenog saliniteta dolazi do odumiranja tkiva

samih koralja i pritom postaju vidljivi donji bijeli slojevi. Koralji mogu podnijeti smanjen salinitet sve do 23 nakon čega odumiru. Razne studije potvrđuju činjenicu da je izbjeljivanje koralja direktno povezano sa zatopljivanjem mora u kojima se nalaze s time da je dovoljan porast temperature od samo 1° C. Takvi izbjeljeni koralji ne rastu i podložni su raspadanju. Izbjeljeni koralji ne izgube sve svoje simbiote što je vrlo važna činjenica jer omogućuje oporavak koralja ukoliko se okolišni uvjeti stabiliziraju.



Slika 6. Izbjeljeni koralji zbog gubitka simbiotskih zooksantela
(Castro)



Slika 7. Prikaz vapnenačkog skeleta koralja na lijevoj strani te desno živi koralj
(Castro)

5. ZAKISELJAVANJE OCEANA

Već sam spomenula da se CO_2 može otopiti u vodi, tj. u morima i oceanima. To je dobro za smanjenje efekta staklenika, ali s druge strane je loše jer mijenja kemiju oceana. Otapanjem CO_2 u vodi nastaje ugljična kiselina i time se smanjuje pH vode. pH oceana je između 8 i 8,3. Znamo da se pH smanjio za oko 0,1 zbog otopljenog CO_2 , a smatra se da bi do 2100. godine mogao pasti za 0,4 ako emisija CO_2 nastavi rasti. Pošto je pH skala logaritamska funkcija, pad pH od samo 0,1 jedinice znači i da se u oceanu koncentracija vodikovih iona povećala za 30%. Takvim zakiseljavanjem oceana su najugroženiji morski organizmi s ljušturama i skeletima od kalcijevog karbonata jer je CaCO_3 pri nižim pH topljiviji. Također, pri nižem pH je smanjena dostupnost CO_3^{2-} iona koji su potrebni za stvaranje kalcijevog karbonata i na taj način se inhibira kalcifikacija. Neupitno je da se zakiseljavanje oceana zaista događa i da će se u budućnosti još pojačati. Također se smatra da će pri tim promjenama prvi stradati koralji te neki planktoni kao što su Pteropoda zbog kalcijevog karbonata koji stvaraju. Nakon njih slijede propadanja foraminifera i kokolitoforida, dagnji i ostalih školjkaša, puževa... Uz izbjeljivanje uzrokovana povećanjem temperature oceana, koraljima je to još jedan stresni uvjet s kojim se moraju boriti i zbog kojeg umiru.

Kao odgovor na smanjenu kalcifikaciju koralja moguće su tri slučaja. Smanji se gustoća koralja te linearan rast koraljnog grebena. Na Velikom koraljnom grebenu je uočeno da je taj rast smanjen 1,02% godišnje i to kroz zadnjih 16 godina. Zatim je moguće i da koralji zadrže svoju stopu rasta, ali skelet koji tada nastaje je manje gust i samim time je krhki. Tada je podložan eroziji i greben se lakše uništava olujama i valovima. Ukoliko koralji ulože više energije moguće je da nastavljaju svoj rast i da zadrže normalnu gustoću skeleta. Problem koji se tada javlja je što koralji više nemaju dovoljno energije za razmnožavanje. To kasnije utječe na daljnje širenje ili pak obnavljanje grebena.

6. POPIS LITERATURE:

1. Bryant D., Burke L., McManus J., Spalding M., 1998. Reefs at risk: a map - based indicator of threats to the world's coral reefs. *World Resources Institute*: Washington, DC
2. Castro P., Huber M. E., 2008. Marine biology. *Mc - Graw Hill*, 303 - 320
3. Hoegh-Guldberg O., 1999, Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and Freshwater Research* **50**
4. Hoegh-Guldberg O., *et al*, 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* **318**
5. Hughes T. P., *et al*, 2009, Climate change, human impacts and the resilience of coral reefs. *Science* **301**
6. Muscatine L., 1990. The role of symbiotic algae in carbon and energy flux in reef corals. *Coral Reefs* **25**
7. Schlichter D., Weber W., Fricke H. W., 1985. A chromatophore system in the hermatypic, deep – water coral *Leptoseris Fragilis*. *Marine Biology* **89**
8. Thunnell R., Anderson D., Gellar D., Miao Q., 1994. Sea - surface temperature estimates for the tropical western Pacific during the last glaciation and their implications for the Pacific warm pool. *Quaternary Research* **41**
9. Trench R. K., 1979. The cell biology of plant – animal symbiosis. *Annual Reviews of Plant Physiology* **30**
10. www.oceanservice.noaa.gov
11. www.sciencedaily.com

7. SAŽETAK

U ovom seminaru detaljnije je objašnjen problem propadanja koraljnih grebena koji je trenutno vrlo aktualan. Ovdje je naglasak stavljen na klimatske promjene izazvane ljudskim ponašanjem. Današnje stanje koraljnih grebena posljedica je višedesetljetne nebrige za te ekosustave kao i neznanja i neshvaćanja negativnih strana koje nam donosi moderan način života baziran na upotrebi neobnovljivih izvora energije, tj. fosilnih goriva. S druge strane, dobrobiti koraljnih grebena su višestruke, a njihova je vrijednost neprocjenjiva kako za ljude tako i za ostali živi svijet koji nastanjuje područja koraljnih grebena. U uvodu su već navedeni statistički podaci koji nepobitno ukazuju da je prevencija od daljnjeg propadanja koraljnih grebena nužna i da će koraljni grebeni bez naše pomoći postati stvar prošlosti.

Ovdje je također objašnjeno kako funkcioniraju ti koraljni grebeni, počevši od malih polipa pa sve do cijelog ekosustava. Osim propadanja koralja spomenuti su i neki drugi problemi koji pogađaju oceanska područja.

8. SUMMARY

This work explains in detail the problem of coral reefs dying since it is recently a very popular topic. The emphasis is on climate changes caused strictly by human activities. Present conditions of coral reefs are a consequence of decades of neglect for these ecosystems as well as ignorance and lack of understanding negative aspects that it all brings to a modern way of life based on the use of non renewable energy sources, in example: fossil fuels. On the other hand, the benefits of coral reefs are numerous and their invaluable both for people and for other living creatures that inhabit the coral reef areas. In the introduction, we already mentioned statistics that conclusively show that the prevention of further deterioration of coral reefs is necessary and that the coral reefs without our help will become a thing of the past. It is also explained how the coral reefs function, ranging from small polyps to the entire ecosystem. In addition to reef degradation, other problems concerning the oceans are mentioned.